Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg. Bull. K. Belg. Inst. Nat. Wet.	Bruxelles Brussel	10-IX-1980
52	B I O L O G I E	12

RECHERCHES SUR L'ECOSYSTEME FORET

SERIE C :
LA CHENAIE A GALEOBDOLON ET OXALIS DE MESNIL-EGLISE (FERAGE)

Bilan stationnel des précipitations dans la chênaie à charme de 1964 à 1968 (*)

PAR

G. SCHNOCK et A. GALOUX

(Avec l'aide technique de A. DEMOULIN, J. DUQUENNE, I. GOEDHUYS, J.-Cl. MONIQUET et C. SCOUBEAU)

SOMMAIRE

(*) Programme du Centre d'Ecologie Générale (Bruxelles) subventionné par le Fonds de la Recherche fondamentale collective.

1. — INTRODUCTION

Après la chênaie mélangée calcicole de Virelles-Blaimont, la chênaie sessiliflore à Galeobdolon et Oxalis de Ferage (Mesnil-Eglise) constitue le second site choisi par le Centre d'Ecologie générale pour y développer ses recherches sur la productivité et le fonctionnement des écosystèmes.

Bien que moins approfondi que dans le site de Virelles-Blaimont, le programme aborde néanmoins les principaux processus fonctionnels de l'écosystème et notamment le cycle de l'eau. Commencé également en janvier 1964, il s'est étalé sur une période de 5 années qui a pris fin en décembre 1968.

La chênaie sessile de Ferage, traitée en taillis sous futaie se présente sous deux faciès distincts et contigus : une chênaie à charme et une chênaie à coudrier. La genèse de l'actuel faciès à coudrier s'explique par une suite d'actions d'origine humaine (essartage suivi de recolonisation naturelle par une végétation ligneuse riche en Corylus avec arrivée tardive de Carpinus, dernière exploitation du taillis en 1940-1944, sévères dommages du lapin en pullulation sur les rejets de taillis exclusivement de charme).

L'aire de la chênaie à charme n'a pas été essartée autrefois, ni exploitée en 1940-1944; le taillis y est âgé de 42 ans en 1965.

La chênaie sessile de Ferage appartient au Secteur écologique de la Famenne. Ce dernier est considéré comme le plus densément boisé (40,4 %) des territoires écologiques des Bas-Plateaux mosans; sa couverture forestière couvre quelque 19.500 ha de forêts dont plus de 16.000 ha de chênaies; parmi celles-ci, environ 10.000 ha ont été recensés comme taillis sous futaie à base de chêne-charme et chêne-coudrier (SCHNOCK, 1967b).

Les faciès à charme et à coudrier du plateau de Ferage ont fait l'objet de recherches simultanées mais seuls les résultats obtenus dans la chênaie à charme sont rapportés dans la présente publication. Ils contribuent à une meilleure connaissance de l'influence de la chênaie famennienne sur la distribution des eaux de précipitations au niveau du sol forestier.

2. — MILIEU ET PLEUPLEMENT VEGETAL

La forêt de recherches est située sur le territoire de la commune de Mesnil-Eglise (Ferage). Elle fait partie du Domaine de la Donation Royale dont la surveillance et la gestion sont assurée par les services extérieurs de l'Administration des Eaux et Forêts.

Comme le montre le plan d'ensemble, la station forestière occupe un plateau subhorizontal à 235 m d'altitude et légèrement incliné (3 à

4 %) vers le nord-ouest. La roche-mère est constituée de schistes noduleux calcaires accompagnés localement de nodules calcaires et parfois de cailloux gréseux (Famennien). Le sol, moyennement profond, est du type brun légèrement lessivé; il contient une surcharge importante de débris schisteux friables pouvant aller de 20 % en surface à plus de 60 % en profondeur (TANGHE et FROMENT, 1968).

Le peuplement est soumis au régime du taillis sous futaie et présente deux strates bien différenciées. La futaie (strate arborescente dominante) exclusivement constituée de chêne *(Quercus petraea)* et le taillis (strate arborescente dominée). Selon que ce dernier est à base de charme *(Carpinus betulus)*, ou de coudrier *(Corylus avellana)*, la physionomie et la structure du peuplement sont quelque peu différentes.

Le faciès à charme est localisé dans la partie ouest du plateau (FROMENT, SCHNOCK et TANGHE, 1970). Dans la parcelle clôturée réservée au parc instrumental, la hauteur des chênes varie de 23 à 25 m, leur densité est de 77 pieds à l'ha et la surface moyenne de la projection horizontale d'une couronne atteint 125 m^2 (90 à 200 m^2), soit environ 90 % de recouvrement. Pour le taillis, l'inventaire donne 4.000 tiges/ha de charme et 280 de coudrier. La hauteur des charmes fluctue entre 6 et 12 m selon qu'ils sont dominés ou codominants. A l'état dominé, leurs branches supérieures s'étalent horizontalement au contact de la base de la cime des chênes.

Le couvert total (bistrate) du peuplement est suffisamment complet pour empêcher tout développement de la strate herbacée. En 1967, son index foliaire (simple face) s'élevait à 6,70 dont 3,63 pour les chênes et 3,07 pour le taillis (VANSEVEREN, 1969).

3. — INSTRUMENTATION ET METHODOLOGIE

Les différents appareils utilisés à Ferage sont identiques à ceux mis en station à Virelles et les techniques semblables. Des informations complémentaires relatives à cet équipement ainsi qu'aux méthodes peuvent être obtenues dans des publications précédentes (SCHNOCK, 1967a et 1970; SCHNOCK et GALOUX, 1967; GALOUX, SCHNOCK et GRULOIS, 1967).

La station de référence (BeF) choisie pour la mesure des précipitations est située dans une prairie à 1.300 m à l'est de la forêt et à 275 m d'altitude. Elle est équipée d'un appareillage scientifique varié dont un pluviomètre Hellmann (Pm100) installé au centre d'un cirque de protection de 3 m de diamètre (limité intérieurement par un mur vertical gazonné de 30 cm de hauteur et incliné en pente douce vers l'extérieur; dispositif recommandé par l'O. M. M.), et un pluviographe qui fonctionne en dehors des périodes de gelée. En septembre

1965, deux pluviomètres complémentaires ont été mis en place dans la prairie jouxtant le peuplement de recherches, respectivement à 75 m (Pm 110) et à 100 m (Pm 115) de sa lisière est. Un quatrième appareil (Pm 116) complète l'équipement pluviométrique. Il est fixé sur une tourelle tubulaire érigée au sein de la forêt étudiée, à 21 m au-dessus du sol et au niveau supérieur des couronnes des chênes environnants. Ces trois derniers pluviomètres ont servi essentiellement à détecter la chute d'averses très localisées dont il est tenu compte dans le calcul du bilan d'eau.

L'appareillage employé pour recueillir les eaux d'égouttement a été complété au fur et à mesure des possibilités. De deux pluviomètres en janvier 1964, il est passé successivement à quatre en mars, cinq en juillet et sept en septembre de la même année. Dès juin 1966, le nombre de récepteur a été porté à quatorze suite à la mise en place de 6 pluviomètres-auges de 20 dm^2 de surface de réception unitaire. Ces derniers ont été disposés suivant deux transects perpendiculaires. Les quatorze pluviomètres développent au total 134 dm^2 de surface de réception.

Pour la mesure de l'écoulement le long des troncs, deux sous-parcelles ont été délimitées. La première s'étend sur 6,5 ares et renferme 5 chênes (futaie), tous équipés d'une gouttière en plomb laminé et de flacons de stockages de l'eau. Quant à la seconde, plus petite (2,5 ares), elle renferme 98 tiges de charme réparties en 25 cépées et est affectée à la mesure de l'écoulement du taillis. Chaque brin de taillis est également muni d'une gouttière de récolte. Pour faciliter les mesures, plusieurs brins d'une même cépée ont été connectés entre eux et raccordés à une seule série de flaçons. Les quantités d'eau d'écoulement de la futaie et du taillis sont rapportées à leur surface de mesure respective (sous-parcelles) puis sommées pour donner l'écoulement de la chênaie.

Afin de compléter le bilan des eaux d'infiltration pour les années 1964 et 1965 pendant lesquelles l'écoulement n'a pas été mesuré, on a utilisé les relations suivantes :

Phénophases feuillées :

$$1964 : E_c = 0{,}044\ P - 0{,}404,\ r = 0{,}920^{+++},\ dl = 17$$

$$1965 : E_c = 0{,}046\ P - 0{,}344,\ r = 0{,}905^{+++},\ dl = 22$$

Phénophases défeuillées :

$$1964 : E_c = 0{,}033\ P + 0{,}090,\ r = 0{,}908^{+++},\ dl = 15$$

$$1965 : E_c = 0{,}068\ P - 0{,}490,\ r = 0{,}974^{+++},\ dl = 20,$$

où E_c et P représentent respectivement les sommes hebdomadaires d'écoulement (mm) et de précipitations (mm). Ces relations, établies à partir de mesures effectuées en 1966, 1967 et 1968, sont toutes caractérisées par un coefficient de corrélation (r) très élevé et très hautement significatif

(+++ = significatif au niveau 0,1 %). Elles ont donc permis de calculer, avec une précision suffisante, l'écoulement dans la chênaie durant les phénophases feuillées et défeuillées des années 1964 et 1965.

L'interception des précipitations par les strates ligneuses est obtenue par différence à l'aide de la relation suivante :

$$I = P - (E_g + E_c)$$

dans laquelle I = interception (mm)
P = précipitations (mm)
E_g = égouttement (mm)
E_c = écoulement le long des troncs (mm).

Quant à l'eau d'infiltration dans le sol de la forêt (I_f), elle correspond également à la précipitation nette (P_n) en station horizontale et se calcule comme suit :

$$I_f = P_n = E_g + E_c$$

4. — INTERPRETATION DES RESULTATS

4.1. Bilans périodiques

Les tableaux 1 à 5 rapportent les sommes mensuelles et annuelles de précipitations, d'égouttement, d'écoulement, d'infiltration et d'interception pour une période d'observation de 5 années (1964 à 1968). Quant aux bilans saisonniers (phénophases), ils font l'objet du tableau 6. Les dates prises en considération pour fixer le début et la fin de chaque phénophase feuillée correspondent à la moyenne des périodes de mi-feuillaison et de mi-défeuillaison de la futaie et du taillis; elles sont calculées à partir de relevés phénologiques hebdomadaires.

4.2. Principales composantes du bilan

4.2.1. Précipitations

4.2.1.1. Importance, distribution et répartition par classes

Selon l'année considérée, les tableaux 1 à 5 rapportent des cotes udométriques annuelles variant pratiquement du simple au double : 603,8 mm

TABLEAU 1

Bilan des eaux d'infiltration dans la chênaie à charme de Ferage (Mesnil-Eglise) pour l'année 1964

Période	Précipitations mm	Egouttement		Ecoulement (*)		Infiltration		Interception	
		mm	% (1)	mm	% (1)	mm	% (1)	mm	% (1)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Janvier	8,6	5,3	61,6	0,3	3,4	5,6	65,1	3,0	34,9
Février	35,7	22,4	62,7	1,4	3,9	23,8	66,7	11,9	33,3
Mars	52,3	40,2	76,9	2,0	3,8	42,2	80,7	10,1	19,3
Avril	47,9	34,6	72,2	2,1	4,4	36,7	76,6	11,2	23,4
Mai	20,2	7,9	39,1	0,0	0,0	7,9	39,1	12,3	60,9
Juin	46,9	29,9	63,7	0,5	1,1	30,4	64,8	16,5	35,2
Juillet	26,8	13,5	50,4	0,5	1,8	14,0	52,2	12,8	47,8
Août	52,9	35,2	66,5	1,0	1,9	36,2	68,4	16,7	31,6
Septembre	45,8	28,9	63,1	0,8	1,7	29,7	64,8	16,1	35,2
Octobre	85,0	55,2	64,9	2,5	2,9	57,7	67,9	27,3	32,1
Novembre	100,9	70,7	70,0	3,7	3,7	74,4	73,7	26,5	26,3
Décembre	80,8	51,5	63,7	3,0	3,7	54,5	67,5	26,3	32,5
Année	603,8	395,3	65,5	17,8	2,9	413,1	68,4	190,7	31,6

(*) Valeurs calculées.

TABLEAU 2

Bilan des eaux d'infiltration dans la chênaie à charme de Ferage (Mesnil-Eglise) pour l'année 1965

Période	Précipitations mm	Egouttement		Ecoulement (*)		Infiltration		Interception	
		mm	% (1)	mm	% (1)	mm	% (1)	mm	% (1)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Janvier	119,1	85,1	71,4	5,7	4,8	90,8	76,2	28,3	23,8
Février	29,8	16,6	55,7	1,0	3,4	17,6	59,1	12,2	40,9
Mars	52,1	35,7	68,5	2,1	4,0	37,8	72,6	14,3	27,4
Avril	105,5	72,1	68,3	5,2	4,9	77,3	73,3	28,2	26,7
Mai	77,8	47,8	61,4	2,3	3,0	50,1	64,4	27,7	35,6
Juin	54,7	32,0	58,5	1,4	2,6	33,4	61,1	21,3	38,9
Juillet	142,1	99,3	69,9	5,1	3,6	104,4	73,5	37,7	26,5
Août	188,7	127,0	67,3	7,3	3,9	134,3	71,2	54,4	28,8
Septembre	71,6	43,6	60,9	2,1	2,9	45,7	63,8	25,9	36,2
Octobre	26,0	17,2	66,2	0,4	1,5	17,6	67,7	8,4	32,3
Novembre	105,3	71,1	67,5	4,6	4,4	75,7	71,9	29,6	28,1
Décembre	214,8	143,4	66,7	12,2	5,7	155,6	72,4	59,2	27,6
Année	1.187,5	790,9	66,6	49,4	4,2	840,3	70,8	347,2	29,2

(*) Valeurs calculées.

TABLEAU 3

Bilan des eaux d'infiltration dans la chênaie à charme de Ferage (Mesnil-Eglise) pour l'année 1966

Période	Précipitations mm	Egouttement		Ecoulement		Infiltration		Interception	
		mm	% (1)	mm	% (1)	mm	% (1)	mm	% (1)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Janvier	64,7	37,4	57,8	2,7	4,2	40,1	62,0	24,6	38,0
Février	91,3	59,6	65,3	3,5	3,8	63,1	69,1	28,2	30,9
Mars	78,0	45,3	58,1	3,3	4,2	48,6	62,3	29,4	37,7
Avril	129,1	94,8	73,4	5,6	4,3	100,4	77,8	28,7	22,2
Mai	67,3	35,8	53,2	1,1	1,6	36,9	54,8	30,4	45,2
Juin	106,1	65,8	62,0	2,1	2,0	67,9	64,0	38,2	36,0
Juillet	126,4	84,1	66,5	4,4	3,5	88,5	70,0	37,9	30,0
Août	62,0	38,6	62,3	1,8	2,9	40,4	65,2	21,6	34,8
Septembre	42,9	29,8	69,5	1,3	3,0	31,1	72,5	11,8	27,5
Octobre	133,7	98,9	74,0	6,2	4,6	105,1	78,6	28,6	21,4
Novembre	87,3	58,9	67,5	4,2	4,8	63,1	72,3	24,2	27,7
Décembre	187,9	127,7	68,0	12,3	6,5	140,0	74,5	47,9	25,5
Année	1.176,7	776,7	66,0	48,5	4,1	825,2	70,1	351,5	29,9

TABLEAU 4

Bilan des eaux d'infiltration dans la chênaie à charme de Ferage (Mesnil-Eglise) pour l'année 1967

Période	Précipitations mm	Egouttement		Ecoulement		Infiltration		Interception	
		mm	% (1)	mm	% (1)	mm	% (1)	mm	% (1)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Janvier	32,9	22,9	69,6	1,0	3,0	23,9	72,6	9,0	27,4
Février	58,1	32,3	55,6	2,6	4,5	34,9	60,1	23,2	39,9
Mars	53,9	30,6	56,8	2,2	4,1	32,8	60,9	21,1	39,1
Avril	53,1	35,5	66,9	1,6	3,0	37,1	69,9	16,0	30,1
Mai	72,7	44,2	60,8	1,6	2,2	45,8	63,0	26,9	37,0
Juin	40,4	27,0	66,8	1,1	2,7	28,1	69,6	12,3	30,4
Juillet	59,0	41,0	69,5	1,5	2,5	42,5	72,0	16,5	28,0
Août	67,0	41,5	61,9	1,6	2,4	43,1	64,3	23,9	35,7
Septembre	80,6	57,5	71,3	2,7	3,3	60,2	74,7	20,4	25,3
Octobre	83,5	51,9	62,1	2,5	3,0	54,4	65,1	29,1	34,9
Novembre	112,7	79,8	70,8	5,1	4,5	84,9	75,3	27,8	24,7
Décembre	97,8	68,5	70,0	5,7	5,8	74,2	75,9	23,6	24,1
Année	811,7	532,7	65,6	29,2	3,6	561,9	69,2	249,8	30,8

TABLEAU 5

Bilan des eaux d'infiltration dans la chênaie à charme de Ferage (Mesnil-Eglise) pour l'année 1968

Période	Précipitations mm	Egouttement		Ecoulement		Infiltration		Interception	
		mm	% (1)	mm	% (1)	mm	% (1)	mm	% (1)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Janvier	112,9	71,4	63,2	4,0	3,5	75,4	66,8	37,8	33,2
Février	63,7	51,2	80,4	3,2	5,0	54,4	85,4	9,3	14,6
Mars	56,2	34,4	61,2	2,1	3,7	36,5	64,9	19,7	35,1
Avril	10,0	6,6	66,0	0,3	3,0	6,9	69,0	3,1	31,0
Mai	48,4	26,5	54,8	0,7	1,4	27,2	56,2	21,2	43,8
Juin	53,4	28,5	53,4	0,8	1,5	29,3	54,9	24,1	45,1
Juillet	99,6	68,7	69,0	3,7	3,7	72,4	72,7	27,2	27,3
Août	52,1	28,3	54,3	0,6	1,2	28,9	55,5	23,2	44,5
Septembre	93,0	59,8	64,3	2,8	3,0	62,6	67,3	30,4	32,7
Octobre	51,2	30,5	59,6	1,0	1,9	31,5	61,5	19,7	38,5
Novembre	25,6	15,4	60,2	0,8	3,1	16,2	63,3	9,4	36,7
Décembre	43,3	25,8	59,6	1,3	3,0	27,1	62,6	16,2	37,4
Année	709,4	447,1	63,0	21,3	3,0	468,4	66,0	241,0	34,0

TABLEAU 6

Bilans saisonniers (phénophases) des eaux d'infiltration dans la chênaie à charme de Ferage (Mesnil-Eglise) pour la période 1964-1968

Période	Précipitations mm	Egouttement		Ecoulement		Infiltration		Interception	
		mm	% (1)	mm	% (1)	mm	% (1)	mm	% (1)
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Phénophases feuillées (**)									
1964	277,6	170,6	61,5	5,3 (*)	1,9	175,9	63,4	101,7	36,6
1965	570,5	372,9	65,4	18,7 (*)	3,3	391,6	68,6	178,9	31,4
1966	562,5	364,6	64,8	17,5	3,1	382,1	67,9	180,4	32,1
1967	440,5	286,2	65,0	12,4	2,8	298,6	67,8	141,9	32,2
1968	410,6	249,3	60,7	10,0	2,4	259,3	63,2	151,3	36,8
Moyenne	452,3	288,7	63,8	12,8	2,8	301,5	66,6	150,8	33,4
Phénophases défeuillées									
1964	326,2	224,7	68,9	12,5 (*)	3,8	237,2	72,7	89,0	27,3
1965	617,0	418,0	67,7	30,7 (*)	5,0	448,7	72,7	168,3	27,3
1966	614,2	412,1	67,1	31,0	5,0	443,1	72,1	171,1	27,9
1967	371,2	246,5	66,4	16,8	4,5	263,3	70,9	107,9	29,1
1968	298,8	197,8	66,2	11,3	3,8	209,1	70,0	89,7	30,0
Moyenne	445,5	299,8	67,3	20,5	4,6	320,3	71,9	125,2	28,1

(*) Valeurs calculées.
(**) du 1/5 au 31/10/1964
du 2/5 au 9/11/1965
du 1/5 au 14/11/1966
du 16/5 au 13/11/1967
du 2/5 au 12/11/1968.

TABLEAU 7

Nombre de jours de pluie, nombre d'averses et lames d'eau correspondantes pendant les périodes de fonctionnement du pluviographe (*)

Classes de précipitations	Nombre de jours de pluie	Lames d'eau correspondantes		Nombre d'averses	Lames d'eau correspondantes	
		mm	% total		mm	% total
P ⩽ 1 mm	179	71,7	3,0	431	159,0	6,7
1 < P ⩽ 3 mm	111	218,0	9,3	176	322,8	13,7
3 < P ⩽ 5 mm	71	274,0	11,6	84	324,5	13,8
5 < P ⩽ 10 mm	89	621,9	26,4	78	541,5	22,9
10 < P ⩽ 20 mm	41	557,5	23,6	36	480,2	20,4
20 < P ⩽ 30 mm	11	262,5	11,1	9	216,1	9,2
30 < P ⩽ 40 mm	7	247,6	10,5	7	253,0	10,7
P > 40 mm	2	106,5	4,5	1	62,6	2,6
Total	511	2.359,7	100,0	822	2.359,7	100,0

(*) du 10/5 au 31/10/1965 (175 jours)
du 1/6 au 31/10/1966 (153 jours)
du 7/3/1967 au 31/12/1968 (665 jours).

en 1964 et 1.187,5 mm en 1965. Pour les 5 années de mesure, la moyenne s'élève à 897,8 mm, soit quelque 40 mm en plus que les valeurs rapportées par PONCELET et MARTIN (1947) pour les deux stations météorologiques les plus rapprochées du plateau de Ferage, c'est-à-dire Denée-Maredsous (à 20 km au nord-est, 236 m d'altitude, 856 mm) et Rochefort (à 25 km à l'est-sud-est, 190 m d'altitude, 857 mm) et durant la période 1901-1930.

Les cotes mensuelles fluctuent entre 8,6 mm (janvier 1964) et 214,8 mm (décembre 1965). Dans l'ensemble, les mois d'hiver sont généralement les plus arrosés mais des cotes supérieures à 100 mm peuvent aussi être enregistrées au cours de certains mois d'été (juin 1966, juillet 1965 et 1966, août 1965).

Au niveau de la phénophase, le tableau 6 montre que les précipitations sont, pour l'ensemble de la période de mesure, pratiquement identiques. Certaines années toutefois, et c'est le cas en 1968, les cotes saisonnières peuvent différer de plus de 100 mm.

Si l'on s'en réfère aux données du tableau 7, on constate également qu'il pleut en moyenne un jour sur deux et que le nombre d'averses est relativement élevé. De plus, les trois quarts des averses sont inférieures à 3 mm et ne totalisent qu'un cinquième de la quantité totale d'eau recueillie. Un second cinquième provient des fortes averses ($\geqslant$ 20 mm) qui représentent seulement 2 % du nombre de précipitations enregistrées. Quant aux trois cinquièmes restants, ils sont issus d'averses comprises entre 3 et 10 mm. Pour la période d'observation l'averse moyenne s'élève à 2,9 mm.

4.2.1.2. Comparaison des données pluviométriques

Bien que les cotes pluviométriques prises en considération dans l'établissement du bilan d'eau proviennent essentiellement du Pm 100, il est néanmoins intéressant de comparer les quantités d'eau météorique recueillies dans chacun des 4 appareils. A l'exception du Pm 116 fixé dans la tourelle, les trois autres pluviomètres ont leur surface de réception située dans un plan horizontal à 30 cm du sol. Tous bénéficient d'un abri contre le vent mais l'efficacité de ce dernier varie d'un récepteur à l'autre. Le Pm 100 dispose en principe d'un système de protection qui a fait ses preuves d'efficacité. Les Pm 100 et Pm 115 situés à une distance de la lisière du peuplement de recherches égale à 3-4 fois la hauteur des chênes pour le premier et 4-5 fois pour le second, jouissent de l'abri latéral de ce peuplement. Quant au Pm 116, fixé au-dessus du peuplement, il bénéficie également d'un abri latéral formé par les branches supérieures des couronnes des chênes.

Pour la période de comparaison qui va du début juin 1966 à fin décembre 1968 (31 mois), on a obtenu les valeurs suivantes :

Période	Pm 100 (cirque sur pelouse)	Pm 110 (à 75 m de la lisière de la forêt)	Pm 115 (à 100 m de la lisière de la forêt)	Pm 116 (tourelle, à 21 m)
Phénophase feuillée	1.247,0 mm (100 %)	1.241,7 mm (99,6 %)	1.234,9 mm (99,0 %)	1.146,2 mm (91,9 %)
Phénophase défeuillée	763,8 mm (100 %)	745,5 mm (97,6 %)	736,3 mm (96,4 %)	633,3 mm (82,9 %)
Période de mesure	2.010,8 mm (100 %)	1.987,2 mm (98,8 %)	1.971,2 mm (98,0 %)	1.779,5 mm (88,5 %)

Ces résultats montrent qu'au cours des 31 mois d'observations totalisant 121 relevés hebdomadaires, c'est le Pm 100 qui fournit la cote la plus élevée. Les pluviomètres Pm 110 et Pm 115 situés respectivement à 75 et 100 m de la lisière est du pleuplement recueillent successivement 1,2 et 2,0 % en moins que le précédent. Quant au Pm 116 fixé au-dessus des chênes sa cote ne correspond qu'à 88,5 % seulement des précipitations mesurées dans le Pm 100. Fixé à 25 m du niveau du sol, soit 4 à 5 m au-dessus des cimes, ce même appareil a accusé par rapport au Pm 100 et durant une période de 14 mois (juillet 1964 à août 1965), un déficit de 236 mm d'eau (21 %) (SCHNOCK, 1973).

Si l'on groupe les relevés par phénophases, on observe le même phénomène avec toutefois des écarts plus faibles en période feuillée et plus accentués lorsque la forêt a perdu ses feuilles. Ceci met en évidence l'importance de la densité de l'abri latéral sur la réduction de la vitesse du vent dans la zone des pluviomètres. Mais cette modification saisonnière de la consistance de l'abri n'est certes pas le seul facteur responsable de ces écarts; le type d'averse (orage, grêle, giboulée, neige, pluie continue) et la vitesse du vent constituent également des éléments à prendre en considération dans l'interprétation de ces différences saisonnières.

Dans l'ensemble, les différences observées entre les trois pluviomètres installés en prairie restent faibles. Néanmoins, pour 75 % des relevés hebdomadaires, c'est le Pm 100, qui recueille le plus de précipitations. Pour les autres relevés, les deux appareils jouxtant la forêt donnent des valeurs très légèrement supérieures à celles du Pm 100 sauf dans quelques cas où des écarts très nets sont dus à la chute d'averses locales (orages, grêles, giboulées). Pour ces 3 récepteurs, le coefficient de variation fluctue entre 0,0 et 53,3 % (averse $<$ 1 mm); sa valeur moyenne calculée pour les 121 mesures hebdomadaires atteint 4,9 %.

4.2.2. Egouttement

4.2.2.1. Taux annuels, mensuels et saisonniers

Les pourcentages repris dans la colonne 3 des tableaux 1 à 5 montrent que le taux d'égouttement annuel varie relativement peu entre 1964 et 1968. Avec un maximum de 66,6 % en 1965 et un minimum de 63 % en 1968, il couvre une amplitude de variations de 3,3 % seulement et atteint une moyenne de 65,6 %. Ces pourcentages n'en correspondent pas moins pour autant à des quantités d'eau très différentes pouvant aller de 395,3 mm en 1964 à 790,9 mm en 1965. Il apparaît donc qu'ils semblent peu influencés par le montant annuel des précipitations.

Le taux d'égouttement mensuel le plus faible (39,1 %) a été observé en mai 1964 et le plus élevé (80,4 %) s'est présenté en février 1968.

Sans entrer dans une étude approfondie des facteurs influençant l'égouttement déjà abordée précédemment (SCHNOCK et GALOUX, 1967; SCHNOCK, 1970), il est néanmoins toujours intéressant de mettre en évidence l'influence de la phénologie dans les études hydrologiques en forêt feuillue caducifoliée. La présence ou l'absence de feuilles modifie, en effet, considérablement les surfaces de réception des précipitations et par conséquent, influence directement l'alimentation en eau du sol. Pour la chênaie à charme de Ferage, le tableau 6 rapporte des différences saisonnières (phénophases) du taux d'égouttement allant de 1,4 % en 1967 à 7,4 % en 1964. L'écart moyen est égal à 3,5 % et correspond à un taux d'égouttement de 63,8 % en période feuillée. L'écart observé entre les deux phénophases semble davantage accentuée au cours des années les moins arrosées (1964 et 1968). Le taux d'égouttement dépend également de l'importance relative des cotes udométriques saisonnières et dans une certaine mesure, du nombre d'averses. Ainsi, la différence de taux (4,3 %) obtenue entre les phénophases feuillées 1967 (65,0 %) et 1968 (60,7 %) peut s'expliquer par un nombre d'averses plus élevé en 1968 (156) qu'en 1967 (135) alors que les cotes pluviométriques sont très voisines (440,5 et 410,6 mm).

4.2.2.2. Variabilité et précision des résultats

Le tableau 8 rapporte pour les années 1965 à 1968, quelques valeurs du coefficient de variation V (%) et de l'erreur-type Et (%) calculées pour les sommes mensuelles, saisonnières (phénophases) et annuelles d'égouttement.

De ces différents pourcentages, il ressort que la précision des mesures d'égouttement peut être considérée comme très satisfaisante. En moyenne, elle est de 1,8% pour l'année, de 3,2 % en phénophase feuillée et de 2,2 % en période défeuillée. An niveau du mois, elle dépasse exceptionnellement 6 % avec 7 pluviomètres et plafonne à 4 % lorsque l'effectif est doublé. Quant à la précision moyenne des mesures hebdomadaires

TABLEAU 8

Coefficient de variation (V en %) et erreur-type (Et en %)
calculés pour les sommes périodiques d'égouttement

Période	1965			1966			1967			1968		
	n	V	Et	n	V	Et	n	V	Et	n	V	Et
Janvier	7	12,8	4,8	7	12,4	4,7	14	9,9	1,8	14	11,3	1,9
Février	7	9,2	3,5	7	7,8	3,0	14	12,9	1,9	14	11,9	2,6
Mars	7	6,5	2,5	7	5,8	2,2	14	12,0	1,8	14	12,5	2,0
Avril	7	5,3	2,0	7	5,6	2,1	14	10,2	1,8	14	13,2	2,3
Mai	7	11,2	4,3	7	15,9	6,0	14	16,8	2,7	14	18,1	2,6
Juin	7	16,3	6,2	14	18,2	4,8	14	12,4	2,2	14	21,1	3,0
Juillet	7	8,0	3,0	14	15,1	4,0	14	13,6	2,5	14	16,5	3,0
Août	7	11,8	4,5	14	18,3	4,9	14	13,8	2,3	14	24,5	3,6
Septembre	7	12,5	4,7	14	20,0	5,4	14	15,5	3,0	14	17,1	2,9
Octobre	7	7,6	2,9	14	12,2	3,3	14	17,3	2,9	14	22,5	3,6
Novembre	7	7,1	2,7	14	9,2	2,4	14	15,1	2,9	14	15,5	2,5
Décembre	7	8,3	3,2	14	15,1	4,0	14	17,6	3,3	14	10,0	1,6
Année	7	4,7	1,8	7	6,4	2,4	14	9,3	1,6	14	9,5	1,6
Phénophases :												
feuillée	7	10,0	3,8	7	10,8	4,1	14	12,6	2,2	14	16,2	2,6
défeuillée	7	7,2	2,7	7	6,0	2,3	14	11,2	2,0	14	10,1	1,8

(14 pluviomètres), elle est égale à 3,6 et 2,9 % respectivement en phénophases feuillée et défeuillée des années 1967 et 1968.

On peut également ajouter que dans la chênaie à charme de Ferage comme dans la chênaie mélangée de Virelles-Blaimont (SCHNOCK, 1970), la variabilité des mesures d'égouttement est toujours plus élevée en phénophase feuillée qu'en défeuillée.

4.2.3. Ecoulement

Annuellement, l'écoulement le long des troncs de chêne et des brins de taillis atteint en moyenne 3,7 % des précipitations. Ce taux correspond à une lame d'eau uniformément répartie de quelque 33,3 mm ou un volume liquide de 330 m^3/ha. Selon les cotes udométriques annuelles, la colonne 5 des tableaux 1 à 5 indique que ce taux fluctue entre 2,9 % (1964) et 4,2 % (1965). Comparé à l'écoulement mesuré dans le taillis de charme, celui de la futaie de chêne est peu important. Pour les 3 années de mesure (1966, 1967 et 1968), il ne représente en effet que 4,5 % de l'écoulement total du peuplement contre 95,5 % pour le taillis. Dans la prise en considération de ces proportions, on doit évidemment tenir compte de la réception des apports d'eau atmosphérique qui sont quantitativement différents au niveau des strates arborescente et arbustive. Il n'en reste pas moins évident que le chêne présente des caractéristiques structurales peu favorables (SCHNOCK, 1967 et 1970) qui justifient son faible taux d'écoulement (0,17 %) pour l'année, 0,08 % en phénophase feuillée et 0,26 % en période défeuillée). Ce n'est pas le cas pour le taillis composé de brins de charme relativement droits, peu obliques, à écorce lisse, à circonférence moyenne importante (16,3 cm à 1,3 m) et à hauteur totale élevée (6 à 12 m). Tous ces paramètres dimensionnels contribuent à favoriser l'écoulement dans cette strate pour laquelle on a enregistré les taux suivants : 3,5 % pour l'année, 4,33 % en phénophase défeuillée et 2,75 % en période chlorophyllienne.

D'autre part, une interprétation plus approfondie des mesures d'écoulement dans le taillis a également permis de mettre en évidence une série de corrélations entre cette composante et certains paramètres structuraux. Ainsi, il est apparu que la quantité d'eau recueillie par phénophase et par cépée (E_c en litre) est directement proportionnelle à la surface terrière de la cépée (St en cm^2 à 1,30 m) d'une part, et au nombre de brins (Nc) qui la composent d'autre part, quelle que soit la phénophase considérée. Ces relations consignées dans le tableau 9, sont caractérisées par un coefficient de corrélation relativement élevé (0,7 à 0,9) et significatif au niveau 0,001. On peut ajouter que, pour les deux paramètres envisagés, ce coefficient est toujours plus élevé en phénophase défeuillée qu'en feuillée. Ceci s'explique d'ailleurs par une distribution spatiale plus homogène des eaux d'égouttement au niveau du sol forestier en phase dénudée (variabilité plus faible). L'observation a également montré que certaines cépées situées à l'aplomb de la périphérie des couronnes, recueillaient

TABLEAU 9

Relations liant l'écoulement (E_c en litres par phénophases) d'une part, à la surface terrière de la cépée (St en cm² à 1,30 m) et d'autre part, au nombre de brins par cépée (Nc) dans la chênaie à charme de Ferage

Période		Equation	Coefficient de corrélation	Nombre degrés liberté
Relations liant E_c et St				
Phénophase feuillée	1966	E_c = 1,381 St + 42,791	0,774+++	19
	1967	E_c = 1,012 St + 28,400	0,800+++	19
	1968	E_c = 0,814 St + 21,647	0,767+++	19
Phénophase défeuillée	1966	E_c = 2,748 St + 43,673	0,891+++	19
	1967	E_c = 1,484 St + 29,294	0,868+++	19
	1968	E_c = 0,994 St + 20,626	0,823+++	19
Relations liant E_c et Nc				
Phénophase feuillée	1966	E_c = 33,333 Nc + 40,471	0,714+++	20
	1967	E_c = 24,323 Nc + 29,409	0,740+++	19
	1968	E_c = 18,117 Nc + 28,731	0,657+++	19
Phénophase défeuillée	1966	E_c = 66,496 Nc + 39,744	0,822+++	20
	1967	E_c = 34,723 Nc + 34,867	0,781+++	19
	1968	E_c = 23,010 Nc + 25,432	0,733+++	19

à 69,3 % des précipitations et représente quelque 6.220 m³ d'eau/ha. Elle contribue à l'approvisionnement périodique des réserves hydriques du sol. Une partie toutefois percole à travers les horizons exploités par les racines et quitte l'écosystème par drainage vertical et latéral. Ce dernier mouvement favorisé par une légère pente du sol, une roche-mère compacte à faible profondeur et une teneur élevée en argile des horizons B et B/C a notamment été mis en évidence dans une étude précédente (FROMENT, SCHNOCK et TANGHE, 1970).

5. SYNTHESE DES RESULTATS ET CONCLUSIONS

Dans la chênaie sessiflore à charme de Ferage, l'alimentation en eau est assurée presque exclusivement par les précipitations atmosphériques qui totalisent en moyenne quelque 898 mm. Durant les périodes très pluvieuses, elle bénéficie également de par sa position topographique, le faible développement du profil du sol et la perméabilité moyenne de la roche-mère, d'un apport d'eau supplémentaire dû au drainage latéral (ruissellement intérieur ou drainage oblique) en provenance des surfaces du plateau situées en amont. Ces apports non quantifiés dans les présentes recherches n'autorisent pas l'établissement d'un bilan hydrique complet.

Durant la période d'observation, on a enregistré deux années relativement sèches (603,8 mm en 1964 et 709,4 mm en 1968) et deux années à précipitations abondantes (1.187,5 mm en 1965 et 1.176,7 mm en 1966). La mesure des précipitations à l'aide de pluviomètres installés dans des situations diverses a notamment confirmé le rendement déficitaire d'un appareil non muni d'un dispositif de protection individuel et installé au-dessus des couronnes des arbres.

L'interception annuelle moyenne pour la période d'observation 1964-1968 s'élève à 276 mm, soit 30,7 % des précipitations (P). En année sèche, le taux d'interception varie entre 31,6 % (1964) et 34,0 % (1968); pour les années très pluvieuses, il descend à 29,9 % en 1966 et 29,2 % en 1965. Ces taux se trouvent parmi les plus élevés de tous ceux établis dans les chênaies d'Europe : 12,4 % (WHITE *et al.*, 1968); 13,1 % (CARLISLE *et al.*, 1965); 14,4 % (MOLCHANOV, 1969); 16,5 % (SCHNOCK, 1971); 17,7 % (DALEBROUX, 1964); 20,0 % (CEPEL, 1967); 26,8 % (BODEUX, 1954); 29,8 % (NOIRFALISE, 1959) et 30,6 % (OVINGTON, 1954).

Un montant correspondant à 65,6 % seulement des précipitations constitue l'eau d'égouttement tandis qu'une fraction de 3,7 % ruisselle le long des branches et des troncs jusqu'au pied des arbres. Ces deux voies de pénétration des précipitations au travers des strates ligneuses totalisent quelque 6.220 m³ d'eau par hectare qui s'infiltrent annuellement dans le sol forestier. Une partie seulement de cette lame d'eau rejoint la nappe phréatique par drainage, la fraction restante assurant l'approvisionnement périodique de la réserve hydrique du sol.

La succession des divers stades phénologiques associés aux variations saisonnières des facteurs climatiques contribuent à modifier l'importance relative de ces diverses composantes dans le sens d'une réduction de l'interception en hiver due à une augmentation simultanée de l'égouttement et de l'écoulement. Entre les deux phénophases, on a observé successivement des différences moyennes de 5,3 % pour l'interception, 3,5 % pour l'égouttement et 1,8 % pour l'écoulement.

Station de Recherches des Eaux et Forêts
Section de Biologie forestière
1990 Groenendaal-Hoeilaart

Université Libre de Bruxelles
Laboratoire de Botanique systématique et d'écologie
1850 chaussée de Wavre, 1160 Bruxelles

RESUME

Les recherches sur le bilan des eaux de précipitations dans la chênaie à charme de Ferage, traitée en taillis sous futaie, ont été poursuivies au cours de 5 années (1964-1968) et ont fourni les résultats suivants :

1. — Le montant annuel des précipitations varie considérablement d'une année à l'autre. De 608,3 mm en année sèche (1964), il peut atteindre 1.187,5 mm en année pluvieuse (1965). Pour les 5 années de mesures, la cote moyenne s'élève à 898 mm. Cette lame d'eau, assez régulièrement répartie au cours de l'année, constitue la source principale d'approvisionnement hydrique de la chênaie.

2. — Le taux d'égouttement fluctue relativement peu d'une année à l'autre; il atteint en moyenne 65,6 % des précipitations pour l'année, 63,8 % en phénophase feuillée et 67,3 % en période défeuillée.

3. — La précision moyenne des mesures d'égouttement est estimée à 1,8 % pour l'année, 2,2 % en phénophase défeuillée et 3,2 % en période feuillée.

4. — Le taux annuel d'écoulement de la chênaie s'élève à 3,7 % des précipitations (2,8 % en phénophase feuillée et 4,6 % en période défeuillée). Le taillis, composé de brins de charme, possède un taux d'écoulement relativement élevé (3,5 %) et assure 95,5 % de l'écoulement total de la chênaie; les 4,5 % restants sont fournis par la futaie composée de chêne sessile à taux d'écoulement faible (0,17 %).

5. — L'écoulement par cépée de taillis est corrélé, d'une part avec le nombre de tiges de la cépée et d'autre part, avec sa surface terrière quelle que soit la phénophase considérée.

6. — Les taux d'interception moyens obtenus pour la chênaie s'élèvent successivement à 30,7 % pour l'année, 33,4 % en phénophase feuillée et 28,1 % en période dénudée.

7. — Annuellement, 69,3 % des précipitations soit quelque 6.220 m^3 d'eau/ha traversent l'écran forestier et s'infiltrent dans le sol de la chênaie famennienne.

BIBLIOGRAPHIE

BODEUX, A.
1954. Recherches écologiques sur le bilan de l'eau sous la lande de Haute-Campine. — *Agricultura*, Vol. II, I, 1-80.

CARLISLE, A, BROWN, A. H. F., & WHITE, E. J.
1965. The interception of precipitation by oak *(Quercus petraea)* on a high rainfall site. — *Quartely Journal Forestry*, 59, 140-143.

CEPEL, V. N.
1967. Interzeption (= Niederschlagsverdunstung im Kronenraum) in einem Buchen; einem Eichen- und einem Kiefernbestand des Belgrader Waldesbei Instanbul. — *Forstw. Centralbl.* Heft, Okt., 301-314.

DALEBROUX, R.
1964. Contribution à l'étude du bilan d'eau en rapport avec la végétation. — Mémoire présenté pour l'obtention du grade légal de licencié en sciences botaniques, U. L. B.

DELVAUX, J. & GALOUX, A.
1963. Les territoires écologiques du Sud-Est Belge. — 2 vol., Trav. hors série, Surveys écol. région., C. N. E. G.

FROMENT, A., SCHNOCK, G. & TANGHE, M.
1970. Groupes écologiques, types d'humus et régime hydrique des sols. — *Bull. Soc. Roy. Bot. de Belgique*, 103, 293-310.

GALOUX, A., SCHNOCK, G. & GRULOIS, J.
1967. La chênaie mélangée calcicole de Virelles-Blaimont. Les installations eco-climatologiques. — *Stat. Rech. Eaux & Forêts*, Groenendaal-Hoeilaart, Travaux Série A, 12, 52 p.

MOLCHANOV, A. A.
1960. The hydrological role of forests. — Transl. by A. Gourevitch, 1963, 407 p. Israel program Sci. Transl. Jerusalem.

NOIRFALISE, A.
1959. Sur l'interception de la pluie par le couvert dans quelques forêts belges. — *Bull. Soc. Roy. For. de Belgique*, 10, 433-439.

OVINGTON, J. D.
1954. A comparaison of rainfall in different woodlands. — *Forestry* 27, 41-53.

PONCELET, L. & MARTIN, R.
1947. Esquisse climatologique de la Belgique. — *Inst. Roy. Météo. de Belg.* Mémoires; vol. XXVII, 1-265.

SCHNOCK, G.
1967a. La chênaie mélangée calcicole de Virelles-Blaimont. Réception des précipitations et écoulement le long des troncs. — *Bull. Inst. roy. Sci. nat. de Belgique*, 43/37, 15 p.

SCHNOCK, G.
1967b. Les forêts actuelles du Sud-Est belge. Cartographie, inventaire et répartition des principaux types de peuplement. — *Bull. Soc. Roy. For. de Belgique*, Novembre et Décembre, 445-525.

SCHNOCK, G.
1970. Le bilan d'eau et ses principales composantes dans une chênaie mélangée calcicole de Haute-Belgique (Bois de Virelles-Blaimont). — Dissertation présentée pour l'obtention du grade de Dr. en Sci. agron., Université Libre de Bruxelles, 353 p.

SCHNOCK, G.
1971. Le bilan d'eau dans l'écosystème forêt. Application à une chênaie mélangée de Haute-Belgique (Bois de Virelles-Blaimont). — U. N. E. S. C. O., Productivité des écosystèmes forestiers, Actes Coll. Bruxelles, 1969. (Ecologie et Conservation, 4), 41-44.

SCHNOCK, G.
1973. Réception des précipitations suivant un transect sol-cime dans une chênaie mixte. — *Oecol. Plan.*, 8 (1), 17-23.

SCHNOCK, G. & GALOUX, A.
1967. La chênaie mélangée calcicole de Virelles-Blaimont. Réception des précipitations et égouttement. — *Bull. Inst. roy. Sci. nat. de Belgique*, 43/33, 30 p.

TANGHE, M. et FROMENT, A.
1968. La chênaie à Galeobdolon et Oxalis de Mesnil-Eglise (Ferage). Variabilité du tapis herbacé de la chênaie-coudraie en fonction des caractéristiques édaphiques superficielles. — *Bull. Soc. Roy. Bot. de Belgique*, 101, 2, 245-256.

VENSEVEREN, J. P.
1969. La chênaie mélangée calcicole de Virelles-Blaimont. L'index foliaire et sa mesure par photoplanimétrie. — *Bull. Soc. Roy. Bot. de Belgique*, 102, 373-385.

WHITE, E. J. & CARLISLE, A.
1968. The interception of rainfall by mixed deceduous woodland. — *Quartly Journ. Forestry*, 310-320.